

PLAN DU CHAPITRE III « CALCUL DES RESEAUX D'EAUX USEES »

III.1. Origines de eaux usées	01
III.2. Schéma de principe de la chaine « Consommation d'eau – Rejets »	01
III.3. Tracé en plan d'un réseau séparatif d'EU	02
III.4. Détermination du débit moyen journalier d'EU rejeté par un BV	02
III.4.1. Cas d'EU domestiques d'habitations	02
III.4.2. Cas d'EU domestiques d'établissements publics	03
III.4.2.1. Méthode d'Equivalence Habitant (EH)	03
III.4.2.2. Méthode basée sur les besoins en eau potable	04
III.4.3. Cas d'EU industrielles	04
III.5. Détermination du débit de pointe (de projet) d'EU rejeté par un BV (Q_p)	05
III.6. Dimensionnement d'une conduite circulaire d'EU	05
III.7. Vérification de la capacité d'autocurage d'une conduite d'EU	05
III.8. Dimensionnement d'un réseau d'EU	05
III.8.1. Construction du schéma d'ossature de calcul	06
III.8.2. Données nécessaires à déterminer	06
III.8.3. procédure de dimensionnement d'un réseau d'EU	08
III.9. Exemple de calcul d'un réseau d'EU	08

CH III. CALCUL DES RESEAUX SEPARATIFS D'EAUX USEES

III.1. Origines des eaux usées

Les EU de la ville proviennent essentiellement de la consommation humaine en eau potable. Le tableau III-1 résume les origines et quelques caractéristiques des EU.

Origine	Désignation		Caractéristiques
Eaux de cuisine, de lessives, de salles de bain	Eaux ménagères (eaux grises)	EU domestiques	Composition assez constante ; généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. Leur débit dépend fortement des habitudes de la population.
Eaux de WC	Eaux vannes (eaux noires)		Contiennent des matières fécales ; chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux
Eaux de rejets industriels	Eaux industrielles		Très différentes des EU domestiques. Composition variable d'une industrie à l'autre. Peuvent contenir des matières organiques, azotées ou phosphorées, des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures, etc.
Eaux de nettoyage des rues, eaux des fontaines ...	Eaux de services publics		Dans le cas de réseaux unitaires seulement. Eaux comparables aux eaux pluviales et leur débit est très variable (dépend des habitudes locales de nettoyage).

Tableau III-1 : Origines et caractérisation globale des EU

III.2. Schéma de principe de la chaîne « Consommation d'eau – Rejets »

La chaîne « Consommation d'eau potable – Rejets vers le réseau d'EU » est illustrée par la figure III-1.

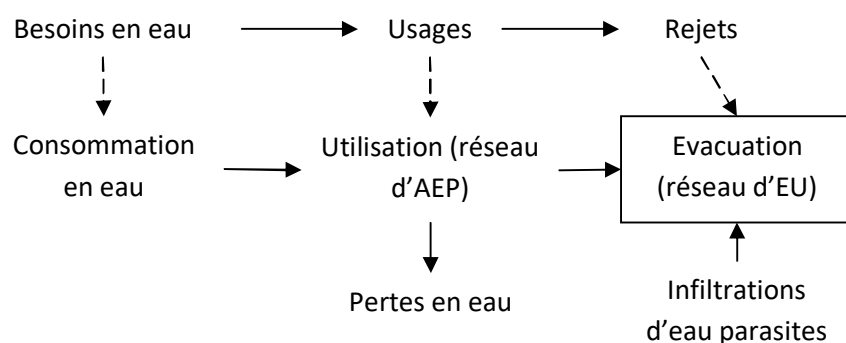


Figure III-1 : Schéma de principe de la chaîne « consommation en eau potable - rejets d'eaux usées »

Besoins en eau : dotation en eau potable nécessaire à la consommation (y compris les pertes).

Usages (utilisation) : eaux de consommation distribuées aux usagers par le réseau de distribution.

Pertes en eau : quantité d'eau perdue au cours de la distribution ou de la consommation et qui n'arrive pas au réseau d'EU. Elles sont difficilement évaluables (estimées entre 20 et 30% lorsque le réseau d'AEP est en bon état).

Eaux parasites : eaux souvent claires qui s'infiltrant dans le réseau d'eaux usées à travers les parois des ouvrages. Elles peuvent provenir des eaux de la nappe phréatique, ou des eaux pluviales dues à des branchements clandestins ou à une mauvaise réalisation des ouvrages. N'étant pas prises en compte dans le dimensionnement du réseau d'EU, ces eaux peuvent perturber son fonctionnement.

III.3. Tracé en plan d'un réseau d'eaux usées

Comme pour le réseau d'EP, les documents nécessaires sont : plan topographique + plan de masse $\Rightarrow$ Disposer des côtes projet du plan de masse : des infrastructures de voirie (chaussées et trottoirs, ...), des plates-formes de bâtiments, etc.

On trace sur le plan de masse l'itinéraire du réseau en respectant les principaux critères du tableau III-2.

Critère	Définition / Eléments de conception	Observations
Localisation de l'exutoire du réseau	Les EU devant être traitées, l'exutoire est conditionné par la position de la STEP	Pour des raisons économiques, l'idéal est d'acheminer les EU vers la STEP en évitant les stations de pompage
Drainage efficace	Toutes les structures de rejet d'EU doivent être collectées au réseau ; donc placer des regards de branchement chaque fois que c'est nécessaire.	A défaut d'assurer la collecte vers le réseau public (bâtiments dispersés, contraintes de site, contraintes économiques, ..), on peut faire appel à l'assainissement individuel tels que les fosses septiques.
Ecoulements gravitaires	Adopter des sens d'écoulement dans le sens des pentes pour éviter d'utiliser des pompes	Les stations de pompage (de relèvement ou de refoulement) engendrent souvent des coûts de conception et d'exploitation importants
Coût	Réseau économique en termes de longueur et diamètres des conduites, et de quantité et de type d'ouvrages annexes à adopter.	Ne pas réduire le coût au dépend de l'efficacité des services à rendre
Prendre en compte le tracé du réseau d'AEP	Eviter au maximum les risques de contamination des eaux potables par les eaux usées	Offrir une attention particulière aux points de passages communs <u>forcés</u> des réseaux d'EU et d'AEP (les <i>cross-connexions</i>) (respect des normes, étanchéité, ...)
Contraintes éventuelles de site	Eviter si possible les obstacles (difficulté de franchissement, contraintes de fonctionnement, ...), se conformer au tracé de la voirie, branchements particuliers, etc.	Il faut toujours trouver le meilleur compromis entre respecter la contrainte ou l'éviter

Tableau III-2 : Critères de tracé d'un réseau d'EU

III.4. Détermination du débit moyen journalier d'EU rejeté par un BV (Q_m)

III.4.1. Cas d'EU domestiques d'habitations

Q_m peut être estimé par un simple bilan entre la quantité d'eau potable produite à l'entrée du réseau de distribution et la quantité d'eaux effectivement consommées par les habitants et évacuées par le réseau d'assainissement d'EU (voir figure III-1).

On peut donc écrire :

$$Q_m = \frac{D \cdot (1-\alpha) \cdot N_h}{86400} \quad (\text{en l/s})$$

Où :

D : est la dotation en eau potable (en l/hab/j)

α : est le coefficient de pertes en eau (si pertes=20% par exemple, alors $\alpha=0,2$)

N_h : est le nombre d'habitants de la zone (BV) concernée.

Notons que les valeurs des paramètres D, α et N_h à considérer dépendent de l'objectif visé ; on prendra :

- les valeurs futures (d'avenir ou de projet) si on veut dimensionner le réseau (évaluer le débit de pointe),
- les valeurs actuelles si on veut vérifier la capacité d'autocurage du réseau.

III.4.2. Cas d'EU domestiques d'établissements publics

III.4.2.1. Méthode d'Equivalence Habitant (EH)

Pour Q_m des établissements publics (commerces, bureaux, etc.), on utilise la notion d'équivalent-habitant (EH ou eqh). On a :

$$Q_{mi} = n_i \cdot Q_i$$

Où : n_i : nombre d'EH de (ou des) établissement (s) public (s) de catégorie i

Q_i : débit de consommation d'eaux potables de (ou des) établissement (s) public (s) de catégorie i

Estimation de Q_i

La valeur de Q_i est une valeur spécifique qui dépend des données locales. En l'absence de données et à titre indicatif, on peut prendre les valeurs suivantes :

- $Q_i = 220 \text{ l/EH/j}$ pour un établissement haut standing
- $Q_i = 150 \text{ l/EH/j}$ pour un établissement moyen standing
- $Q_i = 80 \text{ l/EH/j}$ pour un établissement bas standing.

La notion de haut, moyen et bas standing caractérise l'ampleur de la « modernité » de l'établissement. Par exemple, un hôtel « 5 étoiles » peut être considéré comme de catégorie « haut standing » ; un hôtel « 3 étoiles » de catégorie « moyen standing » ; etc.

Valeurs de n_i

A titre indicatif, on peut prendre les valeurs données par le tableau III – 3.

Etablissement public	Equivalence
Hôtel	1 lit = 1 EH
Caserne – Etablissement communautaire	1 lit = 1 EH
Restaurant	3 places (couverts) = 1 EH
Bureaux – Entrepôts - Magasins	3 employés = 1 EH
Ecole	4 élèves = 1 EH
Collège avec internes	2 élèves = 1 EH
Colonies de vacances	2 lits = 1 EH
Hôpital	1 lit = 2 EH
Camping	2 campeurs = 1 EH

Tableau III – 3 : Equivalence capacité d'établissement public - EH

III.4.2.2. Méthode basée sur les besoins en eau potable

D'après le rapport algérien « Planification et infrastructure externes des ZHUN », les besoins en eau des établissements et services publics et équipements sont estimés comme indiqué par le tableau III-2.

Etablissement public			Besoins en eau C (l/j/U)
Type	Paramètre caractéristique	U	
Ecoles secondaire, moyenne, primaire, crèches	Nombre d'élèves N_e	Elève	20
Centre de formation à caractère technique			80
Centre commercial	Surface d'emprise S	m^2	04
Terrains de sport (PEPS)			01
Marché			05
Locaux administratifs			10
Centre de santé			05
Cinéma et bibliothèque			04
Hôtel	Nombre de lits N_l	Lit	120
Hôpital			200 à 300
Bains et douches	Nombre de poste N_p	Poste	200
Mosquée	Nombre de mosquées N_m	Mosquée	1000

Tableau III – 4 : Besoins en eau moyens des établissements publics

Pour un type d'établissement public j, Q_{mj} serait donc :

$$Q_{mj} = \frac{C_j \cdot (1 - T) \cdot N_U}{86400} \quad (\text{en l/s})$$

Avec : T : taux de consommation n'atteignant pas le réseau

N_U : nombre d'unités

Il est difficile d'estimer T ; le cas le plus défavorable est lorsque $T=0$ (on considère que toute l'eau consommée sera rejetée vers le réseau d'EU).

III.4.3. Cas d'EU industrielles

Dans le cas d'industries, il faut distinguer entre :

- Les industries existantes où il est possible d'effectuer des mesures sur place pour évaluer le débit moyen journalier d'EU rejeté. Si on effectue N mesures horaires Q_i par jour, on aura :

$$Q_m = \frac{\sum Q_i}{N}$$

La méthodologie de mesure (nombre de mesures, périodes de mesure, etc.) devrait être choisie en fonction du type d'industrie et de ses activités.

- Les industries non existantes projetées et connues pour lesquelles on peut réunir les informations indispensables sur la consommation en eau et les débits rejetés (exemple des tableaux de l'annexe 7).

III.5. Détermination du débit de pointe (de projet) d'EU rejeté par un BV (Q_p)

Le débit de pointe de projet est généralement estimé par la relation suivante :

$$Q_p = P \cdot Q_m$$

Où P : est le coefficient de pointe

Q_m : est le débit moyen journalier futur d'EU rejeté (noté aussi Q_{mf})

Pour les EU domestiques et d'établissements publics, le coefficient de point peut être estimé grâce à la loi empirique suivante :

$$P = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \leq 4 \quad (Q_m \text{ en l/s})$$

P ne pouvant pas dépasser la valeur de 4.

Dans le cas d'eaux usées industrielles, à défaut de mesures, le coefficient de pointe P est généralement pris entre 2 et 3 selon les durées de travail adoptées par équipes.

On prend $P=2$ si durée de travail par équipe = 12 heures et $P=3$ si cette durée est de 8 heures.

III.6. Dimensionnement d'une conduite circulaire d'EU

Le principe de dimensionnement reste le même que dans le cas de canalisation d'eaux pluviales (voir CH II, §II.3.2). Cependant, les débits d'EU étant très faibles en général impliquant donc de faibles diamètres, on adopte des coefficients de rugosité plus faibles. On peut utiliser l'abaque basé sur la relation de BAZIN avec un coefficient de rugosité $\gamma = 0,25$.

III.7. Vérification de la capacité d'autocurage d'une conduite d'EU

En pratique, pour assurer un autocurage du réseau, il faut vérifier les trois conditions suivantes :

- 1) On doit avoir $v \geq 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un remplissage à demi-section ; c'est-à-dire, pour une hauteur de remplissage $H = \frac{\emptyset}{2}$, où $\emptyset$ est le diamètre nominal (ou DN) de la conduite.
- 2) On doit avoir $v \geq 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une hauteur de remplissage $H = \frac{2}{10} \emptyset$.
- 3) On doit avoir $H \geq \frac{2}{10} \emptyset$ pour un débit d'écoulement égal au débit moyen actuel ($Q=Q_{ma}$).

En général, la 3^{ème} condition est la plus difficile à vérifier, en particulier pour les conduites amont du réseau (en têtes de réseau).

III.8. Dimensionnement d'un réseau d'EU

Avant de commencer les calculs, il faut d'abord élaborer le schéma d'ossature de calcul (comme pour le réseau d'EP) et déterminer les caractéristiques des éléments du schéma (conduites et BV de production des EU).

III.8.1. Construction du schéma d'ossature de calcul

On dispose d'un plan de masse contenant le tracé du réseau d'EU (§III.3). Pour élaborer le schéma d'ossature, on suit les étapes suivantes :

- On décompose le réseau sous forme de tronçons de canalisation homogènes reliés par des nœuds ; 1 tronçon homogène peut contenir des regards le long de sa longueur sans effet brusque sur l'écoulement, à condition que les conduites constituant le tronçon aient une direction, un coefficient de rugosité, une pente et un diamètre constants.
- On répartit les rejets sur les tronçons de conduite homogènes du réseau par occupation de sol ; c'est-à-dire, on délimite à l'intérieur du BV global les zones homogènes d'occupation des sols à associer aux différentes parties du réseau ; 1 zone homogène peut correspondre à 1 zone :
 - industrielle,
 - urbaine dense,
 - d'habitat ancien,
 - à densité de logement homogène,
 - de soin (hôpital, ...),
 - résidentielle,
 - etc.
- On trace le schéma d'ossature du réseau (pas à l'échelle) en reprenant les tronçons de conduite délimités par des nœuds auxquels on associe les BV découpés (les zones d'occupation de sol homogènes).

Un exemple de schéma d'ossature d'un réseau d'EU à 3 sous-BV est illustré par la figure III-2.

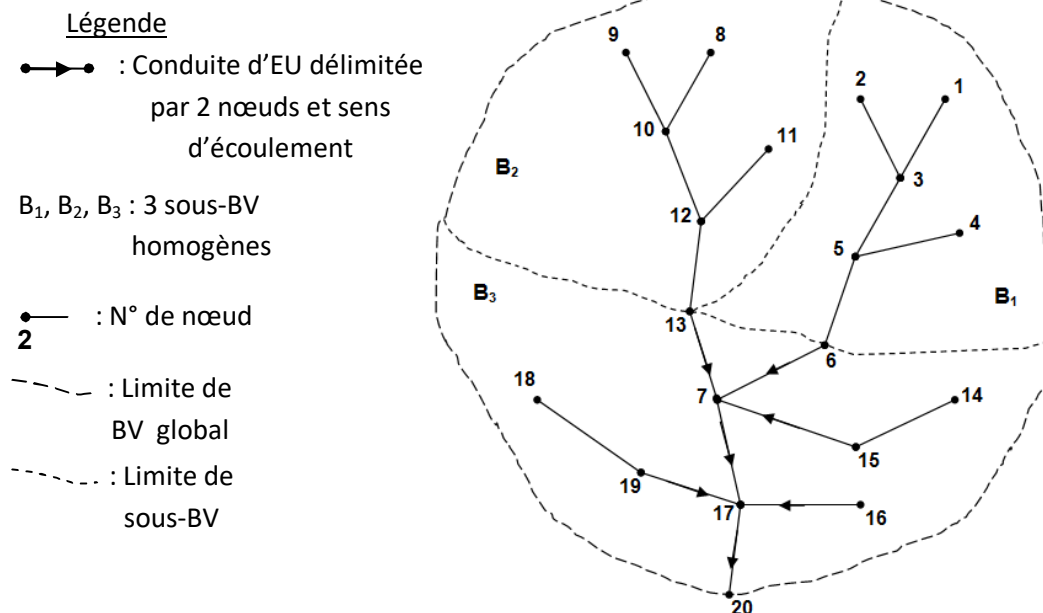


Figure III – 2 : Exemple de schéma d'ossature d'un réseau séparatif d'EU

III.8.2. Données nécessaires à déterminer

Les tableaux III-3 à III-5 donnent un aperçu sur les données nécessaires à collecter et/ou à estimer en fonction de la nature des EU.

BV	Occupation de sol	Dotation en eau potable (l/hab/j)		Pertes en eau (%)		Population (hab)		Observations
		Actuelle (ou min)	Future	Actuelle	Future	Actuelle	Future	
BV ₁	Habitats collectifs	80	150	20	30	55 000	90 000	
...	...	...	...	...	...	...	...	

Tableau III-3 : Données nécessaires pour le calcul des EU domestiques

BV	Type d'établissement	Capacité		C _{eq}	Equivalent Habitants (EH)	Dotation en eau potable (l/hab/j)		Pertes en eau (%)		Obs.
		U	Nbre			Actuelle (minimale)	Future	Actuelles	Futures	
BV ₅	Ecole (s)	Places	550	4	138	80	150	20	30	
	Commerces	Employés	210	3	70	80	150	20	30	
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Tableau III-4 : Exemple de données nécessaires pour le calcul des EU d'établissements publics

BV	Type d'industrie	Capacité de production		Besoins en eau (m ³ /U)	Débit rejeté (m ³ /j)	Observations
		U	Quantité			
BV ₈	Lait	m ³ /j	450	10		
	...	...	...	...		
...	...	...	...	...		

Tableau III-5 : Exemple de données nécessaires pour le calcul des EU industrielles

III.8.3. Procédure de dimensionnement d'un réseau d'EU

Le dimensionnement du réseau se fait sur la base du schéma d'ossature de calcul établi (§III.4.1). On travaille avec les valeurs des données futures (d'avenir ou de projet) des tableaux III-3 à III-5 précédents.

Les étapes à suivre sont :

- Déterminer les débits moyens journaliers rejetés Q_m par BV (en l/s) (§III.4 ci-dessus) ;
- Déterminer les débits moyens de route q_{mr} de chaque tronçon de conduite du réseau contenu dans le BV considéré par une simple distribution de Q_m proportionnellement aux longueurs des tronçons ;
- Déterminer les débits moyens d'entrée q_{me} et de sortie q_{ms} de chaque tronçon (par simple bilan entrée - sortie) ;
- Calculer les coefficients de pointe d'entrée P_e et de sortie P_s correspondant à q_{me} et q_{ms} respectivement (§III.5 ci-dessus) ;
- Calculer les débits de pointe d'entrée Q_{pe} et de sortie Q_{ps} de chaque tronçon (§III.5 ci-dessus) ;
- Déterminer les débits de pointe (de projet) Q_p pour chaque tronçon ;
- Déterminer les diamètres ϕ des tronçons (§III.6 ci-dessous).

Une fois les diamètres déterminés, il faut vérifier la capacité d'autocurage de tous les tronçons du réseau (§III.7 ci-dessus).

III.9. Exemple de calcul d'un réseau d'EU : fait en cours